

**Thrust control system for a gas turbine engine**

**Patent number:** DE2730083  
**Publication date:** 1978-01-12  
**Inventor:** BROWN HAROLD  
**Applicant:** GEN ELECTRIC  
**Classification:**  
- international: F02K11/00; F02C9/00  
- european: F02C9/28  
**Application number:** DE19772730083 19770702  
**Priority number(s):** US19760702526 19760706

**Also published as:**

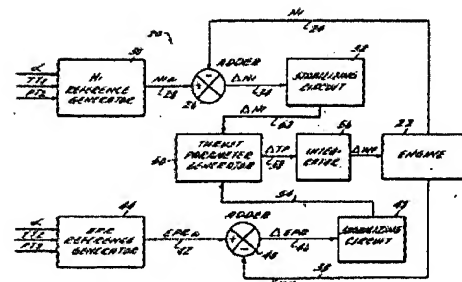
US4136517 (A1)  
JP53014215 (A)  
GB1581889 (A)  
FR2357739 (A1)  
BE856540 (A)

more &gt;&gt;

Abstract not available for DE2730083

Abstract of corresponding document: **US4136517**

A thrust control system is provided for varying the thrust output of a gas turbine engine. The system is adapted to control the thrust output of the engine in a first mode in accordance with at least a pair of thrust-indicating parameters. The system is further adapted to control thrust output of the engine in a second mode in accordance with one of the thrust-indicating parameters.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

10/759,220  
11/05/04

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

1

51

Int. Cl. 2:

F 02 K 11/00

F 02 C 9/00

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

Deutsches Patentamt

DE 27 30 083 A 1

11

# Offenlegungsschrift

27 30 083

21

Aktenzeichen:

P 27 30 083.0

22

Anmeldetag:

2. 7. 77

43

Offenlegungstag:

12. 1. 78

30

Unionspriorität:

32 33 31

6. 7. 76 V.St.v.Amerika 702526

54

Bezeichnung:

Schubsteuerungssystem für ein Gasturbinentriebwerk

71

Anmelder:

General Electric Co., Schenectady, N.Y. (V.St.A.)

74

Vertreter:

Schüler, H., Dipl.-Chem. Dr. rer.nat., Pat.-Anw., 6000 Frankfurt

72

Erfinder:

Brown, Harold, Cincinnati, Ohio (V.St.A.)

DE 27 30 083 A 1

Dr. rer. nat. Horst Schüler  
PATENTANWALT

2730083

6000 Frankfurt/Main 11. Juli 1977  
Kaiserstrasse 41 Vo./he.  
Telefon (0611) 235555  
Telex: 04-16759 mapot d  
Postscheck-Konto: 2824 20-602 Frankfurt/M.  
Bankkonto: 225/0389  
Deutsche Bank AG, Frankfurt/M.

4316-13DV-6787

General Electric Company

Ansprüche

1. Schubeinstellungssystem für ein Gasturbinentriebwerk, gekennzeichnet durch erste, einem ersten Schubanzeigeparameter (N1; EPR) zugeordnete Mittel zum Bilden einer auf die Schubabgabe des Triebwerks (22) bezogenen ersten Angabe, durch zweite, einem zweiten Schubanzeigeparameter (EPR; N1) zugeordnete Mittel zum Bilden einer auf die Schubabgabe des Triebwerks (22) bezogenen zweiten Angabe und durch dritte Mittel (50) zum Verändern der Schubabgabe des Triebwerks (22) in einer ersten Betriebsart, bei der die Veränderung in Abhängigkeit von den ersten und zweiten Schubanzeigeparametern (N1, EPR) erfolgt, wobei die dritten Mittel (50) geeignet sind, die Schubabgabe in einer zweiten Betriebsart zu verändern, bei der die Veränderung in Abhängigkeit von dem ersten Schubanzeigeparameter (N1; EPR) und nicht in Abhängigkeit von dem zweiten Schubanzeigeparameter (EPR; N1) erfolgt.
2. Schubeinstellungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die dritten Mittel (50) in der zweiten Betriebsart arbeiten, wenn sich die zweiten Mittel in einem anormalen Betriebszustand befinden.
3. Schubeinstellungssystem für ein Gasturbinentriebwerk, gekennzeichnet durch erste Mittel zum Bestimmen eines ersten Fehlers ( $\Delta N1$ ;  $\Delta EPR$ ), der für die Abweichung eines ersten Schubanzeigeparameters (N1; EPR) des Triebwerks (22) von einem ersten Referenzwert (N1a; EPRA) bezeichnend ist, durch zweite Mittel zum Bestimmen eines zweiten Fehlers ( $\Delta EPR$ ;  $\Delta N1$ ), der für die Ab-

709882/0971

ORIGINAL INSPECTED

weichung eines zweiten Schubanzeigeparameters (EPR; N1) des Triebwerks (22) von einem zweiten Referenzwert (EPRA; N1a) bezeichnend ist, und durch dritte Mittel (50) zum Vergleichen der ersten und zweiten Fehler ( $\Delta N1$ ;  $\Delta EPR$ ) sowie zum Steuern der Schubabgabe des Triebwerks (22) in Übereinstimmung mit diesem Vergleich.

4. Schubeinstellungssystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die dritten Mittel (50) Mittel (62) zum Bestimmen der Differenz ( $\Delta Y$ ) zwischen den ersten und zweiten Fehlern ( $\Delta N1$ ,  $\Delta EPR$ ) enthalten.
5. Schubeinstellungssystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schubabgabe des Triebwerks (22) in einer ersten Betriebsart in Übereinstimmung mit beiden ersten und zweiten Schubanzeigeparametern (N1, EPR) verändert wird, wenn die Differenz ( $\Delta Y$ ) in einem vorbestimmten Bereich von Referenzgrößen ( $\Delta Y \text{ min} - \Delta Y \text{ max}$ ) liegt.
6. Schubeinstellungssystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Schubabgabe des Triebwerks (22) in einer zweiten Betriebsart in Übereinstimmung mit nur einem der ersten und zweiten Schubanzeigeparameter (N1, EPR) verändert wird, wenn die Differenz ( $\Delta Y$ ) nicht in dem Bereich von Referenzgrößen ( $\Delta Y \text{ min} - \Delta Y \text{ max}$ ) liegt.
7. Schubeinstellungssystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der vorbestimmte Größenbereich ( $\Delta Y \text{ min} - \Delta Y \text{ max}$ ) so gewählt ist, daß eine Veränderung der Schubabgabe in der zweiten Betriebsart erfolgt, wenn sich die ersten Mittel in einem anormalen Betriebszustand befinden.
8. Schubeinstellungssystem für ein Gasturbinentriebwerk, gekennzeichnet durch erste Mittel zum Erzeugen eines ersten Fehler-signals ( $\Delta N1$ ;  $\Delta EPR$ ), der für die Abweichung eines ersten Schubanzeigeparameters (N1; EPR) des Triebwerks (22) von einem ersten Referenzwert (N1a; EPRA) bezeichnend ist, durch zweite

2730083

Mittel zum Erzeugen eines zweiten Fehlersignals ( $\Delta EPR$ ;  $\Delta N1$ ), das für die Abweichung eines zweiten Schubanzeigeparameters ( $EPR$ ;  $N1$ ) des Triebwerks (22) von einem zweiten Referenzwert ( $EPRa$ ;  $N1a$ ) bezeichnend ist, und durch auf die ersten sowie zweiten Fehlersignale ( $\Delta N1$ ;  $\Delta EPR$ ) ansprechende dritte Mittel (50) zum Bilden eines Ausgangssignals ( $\Delta TP$ ) in einer ersten Betriebsart, bei der sich die ersten sowie zweiten Mittel in einem normalen Betriebszustand befinden und bei der das Ausgangssignal ( $\Delta TP$ ) für beide erste und zweite Fehlersignale ( $\Delta N1$ ,  $\Delta EPR$ ) bezeichnend ist, wobei die dritten Mittel (50) ferner ein Ausgangssignal ( $\Delta TP$ ) in einer zweiten Betriebsart bilden, wenn sich die ersten Mittel in einem anormalen Betriebszustand befinden und wobei das Ausgangssignal ( $\Delta TP$ ) nicht für das erste Fehlersignal ( $\Delta N1$ ;  $\Delta EPR$ ) bezeichnend ist, und schließlich durch auf das Ausgangssignal ( $\Delta TP$ ) ansprechende vierte Mittel zum zugemessenen bzw. gesteuerten Zuliefern von Treibstoff an das Triebwerk (22).

9. Schubeinstellungssystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die dritten Mittel (50) auf die Differenz zwischen der Größe des ersten Fehlersignals ( $\Delta N1$ ;  $\Delta EPR$ ) und der Größe des zweiten Fehlersignals ( $\Delta EPR$ ;  $\Delta N1$ ) ansprechen.
10. Schubeinstellungssystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die dritten Mittel (50) Differenzsignalerzeugungsmitel (62) zum Erzeugen eines Signals enthalten, das für die Differenz zwischen der Größe des ersten Fehlersignals ( $\Delta N1$ ;  $\Delta EPR$ ) und der Größe des zweiten Fehlersignals ( $\Delta EPR$ ;  $\Delta N1$ ) bezeichnend ist.
11. Schubeinstellungssystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgangssignal ( $\Delta TP$ ) in Übereinstimmung mit dem Differenzsignal ( $\Delta Y$ ) verändert wird.
12. Schubeinstellungssystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die dritten Mittel (50) geeignet sind, um ein Ausgangssignal ( $\Delta TP$ ) zu bilden, das von beiden ersten und

709882/0971

zweiten Fehlersignalen ( $\Delta N1$ ,  $\Delta EPR$ ) abhängt, wenn sich das Differenzsignal ( $\Delta Y$ ) in einem vorbestimmten Bereich von Referenzsignalgrößen ( $\Delta Y \min - \Delta Y \max$ ) befindet, und daß die dritten Mittel (50) ein für das erste Fehlersignal ( $\Delta N1$ ;  $\Delta EPR$ ) bezeichnendes Ausgangssignal bilden können, wenn das Differenzsignal ( $\Delta Y$ ) nicht in dem vorbestimmten Bereich von Referenzsignalgrößen ( $\Delta Y \min - \Delta Y \max$ ) liegt.

13. Schubeinstellungssystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die dritten Mittel (50) Differenzsignalerzeugungsmittel (62) zum Erzeugen eines Signals ( $\Delta Y$ ) enthalten, welches für die Differenz zwischen den Größen der ersten und zweiten Fehlersignale ( $\Delta N1$ ;  $\Delta EPR$ ) bezeichnend ist, und daß die dritten Mittel (50) ferner Signalbegrenzungsmittel (64) zum Beschränken der Größe des Differenzsignals ( $\Delta Y$ ) auf einen vorbestimmten Bereich von Signalgrößen ( $\Delta Y \min - \Delta Y \max$ ) aufweisen.
14. Schubeinstellungssystem nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalbegrenzungsmittel (64) die Größe des Differenzsignals ( $\Delta Y$ ) beschränken, wenn sich die ersten Mittel in einem anormalen Betriebszustand befinden.
15. Schubeinstellungssystem nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgangssignal ( $\Delta TP$ ) auf das begrenzte Differenzsignal ( $\Delta Y$ ) anspricht, wenn die dritten Mittel (50) das Ausgangssignal ( $\Delta TP$ ) in der zweiten Betriebsart bilden.

Dr. rer. nat. Horst Schüler  
PATENTANWALT

-5-

6000 Frankfurt/Main 1. Juli 1977  
Kaiserstrasse 41 Vo. Su. /he.  
Telefon (0611) 23 55 55 **2730083**  
Telex: 04-16 759 mapot d  
Postscheck-Konto: 2824 20-602 Frankfurt/M.  
Bankkonto: 225/0389  
Deutsche Bank AG, Frankfurt/M.

4316-13DV-6787

GENERAL ELECTRIC COMPANY  
1 River Road  
Schenectady, N.Y./U.S.A.

---

### Schubsteuerungssystem für ein Gasturbinentriebwerk

---

Die Erfindung bezieht sich auf ein Schubeinstellungssystem für ein Gasturbinentriebwerk und insbesondere auf eine elektronische Steuerung zum Einstellen des Schubes in einem solchen Triebwerk.

Eine der Hauptfunktionen eines Triebwerksteuerungssystems besteht darin, für das Erzeugen des spezifischen Schubpegels zu sorgen, der von der durch den Piloten eingestellten Schubhebelposition gefordert wird. Um sicherzustellen, daß der tatsächliche Schub dem verlangten Schub entspricht, muß ein solches System eine Informationsquelle haben, die die tatsächliche Schubabgabe des Triebwerks berücksichtigt. Da es äußerst unzuverlässig bzw. problematisch ist, eine direkte Schubmessung vorzusehen, kann als eine passende Informationsquelle ein Schubanzeigeparameter benutzt werden, wie die Gebläsedrehzahl oder das Triebwerksdruckverhältnis, wobei diese Größen einen direkten Zusammenhang mit dem Schub haben.

Bei modernen Gasturbinentriebwerken ist es wichtig, daß die Zuverlässigkeit des oben beschriebenen Schubeinstellungssystems ziemlich groß ist, da ein Ausfallen der Systeme zu schweren Konsequenzen führen kann. Bekannte Lösungen wurden im Hinblick auf eine größere Zuverlässigkeit verändert und umfaßten die Verwendung

709882/0971



von sekundären Schubeinstellungssystemen, die normalerweise betriebsunwirksam sowie vollständig unabhängig von einem primären System sind und als ein Reservesystem für den Fall eines Ausfalls des primären Systems fungieren. Diese doppelten Systeme haben sich als sehr teuer erwiesen, insbesondere bei einer Verdopplung der komplizierten und aufwendigen Steuerungsschaltungen, die normalerweise den Flugzeuggasturbinentriebwerken zugeordnet sind. Darüberhinaus haben diese bekannten sekundären Systeme keine Nutzfunktion, wenn das primäre System arbeitet, und somit hängen die zuvorgenannten Kosten von einem sekundären System ab, das während des größten Teils der Betriebslebensdauer des Gasturbinentriebwerks keinen Nutzvorteil bietet.

Es ist deshalb eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Schubeinstellungssystem zu schaffen, welches eine Integration der primären und sekundären Schubeinstellungsbetriebsarten zu einer einzigen redundanten Steuerung aufweist, wodurch die Kompliziertheitserfordernisse des Systems verringert, eine doppelte Ausbildung ausgeschaltet und das Redundanzmerkmal bzw. die redundante Eigenschaft der Steuerung wirksam sind, um zu den Schubeinstellungsaufgaben der Steuerung während des normalen Betriebes des Gasturbinentriebwerks beizutragen. Diese und andere Aufgaben bzw. Ziele, die sich aus der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die zeichnerische Darstellung ergeben, werden durch die vorliegende Erfindung gelöst, die, kurz gesagt, in einer Ausführungsform ein Gasturbinentriebwerk-Schubeinstellungssystem beinhaltet, welches erste, einem ersten Schubanzeigeparameter zugeordnete Mittel zum Bilden einer in einer Beziehung zur Schubabgabe des Triebwerks stehenden ersten Angabe und ein zweites, einem zweiten Schubanzeigeparameter zugeordnetes Mittel zum Bilden einer in einer Beziehung zur Schubabgabe des Triebwerks in Beziehung stehenden zweiten Angabe aufweist. Es sind dritte Mittel vorgesehen, um die Schubabgabe des Triebwerks in einer ersten Betriebsart zu verändern und zwar in Abhängigkeit von den ersten und zweiten Schubanzeigeparametern. Die dritten Mittel sind ferner geeignet, die Schubabgabe des Triebwerks in einer zweiten Betriebsart zu verändern, wobei diese Veränderung in Abhängigkeit von dem ersten Schubanzeigeparameter und nicht in Abhängigkeit von dem zweiten

Schubanzeigeparameter erfolgt. Die dritten Mittel arbeiten in der zweiten Betriebsart, wenn sich die zweiten Mittel in einem anormalen Betriebszustand befinden. Die dritten Mittel können auf erste und zweite Fehlersignale ansprechen, um diese Fehlersignale zu vergleichen und die Schubabgabe des Triebwerks in der zweiten Betriebsart zu verändern, wenn die Differenz zwischen den Fehlersignalen nicht in einem vorbestimmten Bereich von Referenzsignalgrößen liegt.

Für ein besseres Verständnis der vorliegenden Erfindung sowie weiterer Ziele, Vorteile und Merkmale derselben wird auf die nachfolgende Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform sowie die zeichnerische Darstellung verwiesen. Es zeigen:

Figur 1 - in einer schematischen Darstellung das Triebwerkschubsteuerungssystem nach der vorliegenden Erfindung und  
Figur 2 - in einer detaillierten schematischen Darstellung den in Figur 1 dargestellten Schubparametergenerator.

Figur 1 zeigt ein schematisches Blockdiagramm eines allgemein mit 20 bezeichneten Schubeinstellungssystems. Ein Gasturbinentriebwerk 22 enthält passende Sensoren bzw. Fühler (nicht dargestellt) zum Erfassen von Betriebsbedingungen, oder Schubanzeigeparametern, innerhalb des Triebwerks, die für den von dem Triebwerk erzeugten Schubpegel bezeichnend sind. Während eine Anzahl von Betriebsbedingungen bzw. Arbeitszuständen den Schubpegel angeben können, wurden zum Zwecke der vorliegenden Beschreibung und beispielhaft die Gebläsedrehzahl (N1) und das Triebwerksdruckverhältnis (EPR) als passend ausgewählt. Das für die tatsächliche Gebläsedrehzahl repräsentative Gebläsedrehzahlsignal N1 wird vom Fühler im Triebwerk 22 zum Gebläsedrehzahladdierer 26 geleitet, der auch ein Gebläsedrehzahlbedarfssignal N1a über einen elektrischen Leiter 28 von einem Gebläsedrehzahlbedarfs-Referenzgenerator 30 empfängt. Der letztere erhält eine Vielzahl von Eingangssignalen, nämlich beispielsweise Signale bezüglich des Drossel- bzw. Schubhebelpositionswinkels  $\alpha$ , der totalen Triebwerkseinlaßtemperatur und des totalen Triebwerkseinlaßdrucks, wobei aus diesen Größen die für die Position des Gashebels erforderliche Gebläsedrehzahl berechnet wird. Der Addierer 26 vergleicht das für den

Piloten des Flugzeuges erforderliche Gebläsedrehzahlbedarfssignal  $N1a$  mit der tatsächlichen Gebläsedrehzahl  $N1$  des Gasturbinentriebwerks 22 und bildet ein Fehlersignal  $\Delta N1$ , das für die Differenz zwischen der tatsächlichen Gebläsedrehzahl und der Drehzahl bezeichnend ist, welche von der Gashebelposition verlangt wird. Genauer gesagt ist das Fehlersignal  $\Delta N1$  bezeichnend für die Abweichung des Schubanzeigeparameters  $N1$  von dem erzeugten Gebläsedrehzahlreferenzwert  $N1a$ . Das Fehlersignal  $\Delta N1$  wird über einen elektrischen Leiter 34 von einer Stabilisierungsschaltung 32 empfangen. Diese Schaltung kann in herkömmlich bekannter Weise gestaltet sein und dient zum Ausfiltern oder in anderer Weise erfolgenden Abscheiden vorübergehender Störungen von dem Fehlersignal  $\Delta N1$ .

Das für das tatsächliche Triebwerksdruckverhältnis des arbeitenden Triebwerks repräsentative Triebwerksdruckverhältnissignal  $EPR$  wird über einen elektrischen Leiter 38 vom Triebwerk 22 zu einem Triebwerksdruckverhältnisaddierer 40 geleitet, der auch ein Triebwerksdruckverhältnisbedarfssignal  $EPRa$  über einen elektrischen Leiter 42 von einem Triebwerksdruckverhältnisbedarf-Referenzgenerator 44 empfängt. Der Generator 44 empfängt eine Vielzahl von Eingangssignalen, die den vom Generator 30 empfangenen Signalen ähneln, und berechnet den für die Gashebeleinstellung im Flugzeug erforderlichen Triebwerksdruckverhältnisbedarf  $EPRa$ . Der Addierer 40 vergleicht den für den Piloten erforderlichen Triebwerksdruckverhältnisbedarf  $EPRa$  mit dem tatsächlichen Triebwerksdruckverhältnis  $EPR$  und bildet ein Triebwerksdruck-Fehlersignal  $\Delta EPR$ . Dieses ist für die Abweichung des Schubanzeigeparameters  $EPR$  von dem erzeugten Triebwerksdruckverhältnisbedarf-Referenzwert  $EPRa$  bezeichnend. Das Fehlersignal  $\Delta EPR$  gelangt über einen elektrischen Leiter 46 zu einer Stabilisierungsschaltung 48, die das Fehlersignal  $\Delta EPR$  so stabilisiert bzw. beruhigt, daß das Signal von vorübergehenden Störungen befreit wird.

Ein Schubparametergenerator 50 empfängt das Gebläsedrehzahlfehlersignal  $\Delta N1$  über einen Leiter 52 und das Triebwerksdruckverhältnisfehlersignal  $\Delta EPR$  über einen Leiter 54. In einer nachfolgend zu beschreibenden Weise bildet der Schubparametergenerator 50 ein Ausgangssignal  $\Delta TP$ , das, nachdem es über einen Leiter 58 einen Integrator 56 passiert hat, als Treibstoffstrom-Feh-

2730083

lersignal  $\Delta WF$  zum Triebwerk 22 gelangt. Dieses Fehlersignal veranlaßt das Treibstoffstromsteuerventil zum Öffnen (wenn positiv) oder zum Schließen (wenn negativ), um den Schubparameterfehler  $\Delta TP$  zu Null zu machen. Wenn  $\Delta TP$  gleich Null ist, arbeitet das Triebwerk 22 im stationären Zustand.

In Figur 2 ist ein schematisches Blockdiagramm des Schubparametergenerators 50 dargestellt. Das Gebläsedrehzahl-Fehlersignal  $\Delta N1$  und das Triebwerksdruckverhältnis-Fehlersignal  $\Delta EPR$  werden in der oben beschriebenen Weise vom Generator 50 empfangen. Das Fehlersignal  $\Delta EPR$  durchläuft einen Multiplizierer 60, wo es mit einer Konstanten  $K$  eingestellt bzw. multipliziert wird. Das resultierende eingestellte Fehlersignal  $K\Delta EPR$  wird zu einem Addierer 62 geleitet, der auch das Gebläsedrehzahl-Fehlersignal  $\Delta N1$  empfängt. Das Addier- bzw. Vergleichsglied 62 subtrahiert das eingestellte  $K\Delta EPR$  Fehlersignal von dem Gebläsedrehzahl-Fehlersignal, um die Differenz zwischen diesen Signalen zu bestimmen.

Es ist darauf hinzuweisen, daß der Faktor  $K$ , mit dem das  $\Delta EPR$  Fehlersignal multipliziert wird, so gewählt ist, daß für irgendeinen Betriebszustand eines nach einer theoretischen Nennspezifikation hergestellten Triebwerks das eingestellte  $K\Delta EPR$  Fehlersignal größenmäßig gleich dem Gebläsedrehzahl-Fehlersignal  $\Delta N1$  ist. Bei diesem anderen Weg sind das Gebläsedrehzahl-Fehlersignal  $\Delta N1$  und das  $K\Delta EPR$  Fehlersignal jeweils für denselben Fehlergrad im Schubausgang des nominellen Triebwerks bezeichnend. Jedoch können das Gebläsedrehzahl-Fehlersignal  $\Delta N1$  und das  $K\Delta EPR$  Fehlersignal für irgendeinen Betriebszustand eines tatsächlichen Triebwerks infolge von normalen Veränderungen bezüglich der Qualität der Triebwerke oder infolge einer normalen Verschlechterung von Triebwerkskomponenten während ihrer Lebensdauer ungleich sein. Bei der vorliegenden Erfindung wird in einer noch nachfolgend zu beschreibenden Weise der Triebwerksschub in einer ersten Betriebsart in Übereinstimmung mit beiden Schubanzeigeparametern gesteuert, wenn die Differenz zwischen den jedem Schubanzeigeparameter zugeordneten Fehlersignalen klein ist, und in einer zweiten Betriebsart in Übereinstimmung mit einem der Schubanzeigeparameter gesteuert, wenn die Differenz zwischen den zwei Fehlersignalen beträchtlich bzw. groß ist.

709882/0971

Gemäß Figur 2 bildet der Addierer bzw. Vergleicher 62 ein Differenzsignal  $\Delta Y$ , das der Differenz zwischen dem Gebläsedrehzahl-Fehlersignal  $\Delta N1$  und dem eingestellten Fehlersignal  $K \Delta EPR$  ( $\Delta Y = N1 - K \Delta EPR$ ) entspricht. Ein Signalbegrenzer 64 arbeitet in der Weise, daß das Differenzsignal  $\Delta Y$  in dem Fall hindurchgelassen wird, wenn die Größe des Signals zwischen Werten  $\Delta Y_{\min}$  und  $\Delta Y_{\max}$  liegt, wobei diese Grenzen einen Bereich von annehmbaren Werten des Differenzsignals  $\Delta Y$  bestimmen. Wenn  $\Delta Y$  nicht in dem zuvor genannten Bereich liegt, steht am Ausgang des Begrenzers 64 das Signal  $\Delta Y = \Delta Y_{\min}$  oder  $\Delta Y = \Delta Y_{\max}$  an, und zwar je nach dem, welcher Fall zutrifft.

Das Differenzsignal  $\Delta Y$  wird gleichzeitig einem Paar von Addierern 66 und 68 zugeführt. Das Gebläsedrehzahl-Fehlersignal  $\Delta N1$  und das  $K \Delta EPR$  Fehlersignal werden von entsprechenden Multiplizierern 70 und 72 mit einem Faktor 2 multipliziert. Das multiplizierte Gebläsedrehzahl-Fehlersignal  $2 \Delta N1$  wird vom Addierer 66 empfangen, der hiervon das Differenzsignal  $\Delta Y$  subtrahiert. Das multiplizierte  $2 K \Delta EPR$  Signal wird vom Addierer 68 empfangen, der zu diesem Signal das Differenzsignal  $\Delta Y$  addiert. Die entsprechend von den Addierern 66 und 68 entwickelten Signale  $\Delta T P_n$  und  $\Delta T P_e$  werden einem Schalter 74 zugeführt. Dieselben Signale werden auch entsprechenden Quadrierschaltungen 76 sowie 78 zugeleitet und dann jeweils von einem Komparator 80 empfangen. Dieser vergleicht die Größen von  $(\Delta T P_n)^2$  sowie  $(\Delta T P_e)^2$  und sendet auf der Basis dieses Vergleichs ein passendes Signal an den Schalter 74, um zu bewirken, daß entweder das Signal  $\Delta T P_n$  oder das Signal  $\Delta T P_e$  zu dem dem Triebwerk 22 zugeordneten Treibstoffsteuerungsventil geleitet wird. Genauer gesagt kann der Komparator 80 so ausgelegt sein, daß er bestimmt, welches der Signale  $(\Delta T P_n)^2$  oder  $(\Delta T P_e)^2$  das kleinste Signal ist, um dann den Schalter 74 zu veranlassen, daß entsprechend zugeordnete  $\Delta T P_n$  oder  $\Delta T P_e$  Signal durchzulassen. Wie es nachfolgend noch näher erläutert wird, ist in der ersten Betriebsart das  $\Delta T P_n$  Signal größenmäßig gleich dem  $\Delta T P_e$  Signal, wodurch irgendeines dieser Signale zu dem dem Triebwerk 22 zugeordneten Treibstoffsteuerungsventil geleitet werden kann. In einem solchen Fall gilt  $\Delta T P_n = \Delta T P_e = N1 + K \Delta EPR$ . Es ist leicht ersichtlich, daß die Schubabgabe des Triebwerks in Übereinstimmung mit dem

Schubanzeigeparameter N1 und dem Schubanzeigeparameter EPR gesteuert wird. In der zweiten Betriebsart läßt der Schalter 74 das kleinere Signal der Signale  $\Delta T P_n$  oder  $\Delta T P_e$  hindurch. Wie es nachfolgend noch erläutert wird, ist in der zweiten Betriebsart das vom Schalter 74 durchgelassene Signal repräsentativ nur für einen der Schubanzeigeparameter N1 und EPR.

Es wird nunmehr die Betriebsweise der zuvor beschriebenen Einrichtung in der ersten Betriebsart erläutert. Das Steuerungssystem arbeitet in der ersten Betriebsart, wenn die beiden Schubanzeigeparametern zugeordneten Sensoren bzw. Fühler und Schaltungen normal arbeiten. Wenn der Pilot des Flugzeuges die Schubabgabe des Triebwerks 22 zu ändern wünscht, wählt er eine neue Gashebelposition. Da gemäß der vorstehenden Beschreibung eine direkte Schubmessung unmöglich oder unzuweckmäßig zu erzielen ist, stützt sich das oben beschriebene Steuerungssystem auf Schubanzeigeparameter und im einzelnen auf ein Paar von Schubanzeigeparametern, nämlich auf die Gebläsedrehzahl N1 und das Triebwerksdruckverhältnis EPR. Die neue Gashebelposition wird dem Gebläsedrehzahl-Referenzgenerator 30 und dem Triebwerksdruckverhältnis-Referenzgenerator 44 mitgeteilt, wonach von diesen Generatoren 30 und 44 entsprechend ein neues Gebläsedrehzahl-Referenzsignal N1a und ein neues Triebwerksdruckverhältnis-Referenzsignal EPRa erzeugt werden. Da die tatsächliche Gebläsedrehzahl und das tatsächliche Triebwerksdruckverhältnis des Triebwerks noch nicht entsprechend der vom Piloten durchgeführten Änderung der Gashebelposition modifiziert sind, bilden die Addierer 26 und 40 ein Gebläsedrehzahl-Fehlersignal  $\Delta N1$  und ein Triebwerksdruckverhältnis  $\Delta EPR$ , wobei diese Signale anzeigen, daß die tatsächliche Gebläsedrehzahl und das tatsächliche Triebwerksdruckverhältnis nicht mit den entsprechenden Referenzwerten übereinstimmen. Das  $\Delta EPR$  Referenzsignal wird vom Multiplizierer 60 mit dem Faktor K multipliziert und zum Addierer 62 geleitet, der auch das Gebläsedrehzahl-Fehlersignal  $\Delta N1$  empfängt. Wenn die Größe des Differenzsignals  $\Delta Y$  zwischen  $\Delta Y_{max}$  und  $\Delta Y_{min}$  liegt, liefert der Begrenzer 64 an die Addierer 66 und 68 ein Ausgangssignal  $\Delta Y = \Delta N1 - K \Delta EPR$ . Der Addierer 66 liefert ein Ausgangssignal  $\Delta T P_n = 2 \Delta N1 - \Delta Y$ , während der Addierer 68 in ähnlicher Weise ein Ausgangssignal  $\Delta T P_e = 2 K \Delta EPR + \Delta Y$  bildet.

Es ist leicht ersichtlich, daß dann, wenn sich das Zweifachparameter-Schubsteuerungssystem nach der vorliegenden Erfindung in der ersten Betriebsart befindet, das Signal  $\Delta Y$  in dem von  $\Delta Y_{\min}$  und  $\Delta Y_{\max}$  begrenzten Größenbereich liegt, und die oben angegebene Beziehung für  $\Delta TP_n$  und  $\Delta TP_e$  ist dergestalt, daß wegen  $\Delta Y = \Delta N_1 - K \Delta EPR$  die Beziehung  $\Delta TP_n = \Delta TP_e = \Delta N_1 + K \Delta EPR$  gilt. In einem solchen Fall liefert der Komparator 80 ein Ausgangssignal an den Schalter 74, so daß dieser eines der beiden Signale  $\Delta TP_n$  oder  $\Delta TP_e$  durchlassen kann. Dementsprechend hängt bei der ersten Betriebsart das zum Steuern des Triebwerkschubes benutzte Ausgangssignal  $\Delta TP = \Delta N_1 + K \Delta EPR$  von zwei Schubparametern ab, nämlich von der Gebläsedrehzahl  $N_1$  und dem Triebwerksdruckverhältnis  $EPR$ , wenn die Differenz zwischen den zwei Fehlersignalen  $\Delta N_1$  und  $\Delta EPR$  in einem gewissen Bereich von  $\Delta Y_{\max}$  bis  $\Delta Y_{\min}$  liegt.

Wenn die Schaltung oder die einem der zwei Schubanzeigeparametern zugeordneten Sensoren bzw. Fühler betriebsunwirksam werden oder anormal arbeiten, sorgt die vorliegende Erfindung für einen Schubbetrieb in einer zweiten Betriebsart, und zwar durch Ausnutzen des verbliebenen Schubparameters in der folgenden Weise. Es sei beispielsweise angenommen, daß die Triebwerksdruckverhältnisfühler fehlerhaft arbeiten und ein ungenaues sowie anormal großes Triebwerksdruckverhältnis angeben, das größer als das tatsächliche Triebwerksdruckverhältnis ist. Das dem Addierer 40 zugeleitete Triebwerksdruckverhältnissignal  $EPR$  ist anormal groß, was zu einem übermäßig großen und ungenauen  $\Delta EPR$  Fehlersignal vom Addierer 40 führt. Der Addierer 62 bildet das Differenzsignal  $\Delta Y = \Delta N_1 - K \Delta EPR$ , das ein negatives Vorzeichen (da  $K \Delta EPR$  größer als  $\Delta N_1$  ist) und eine übermäßige Größe hat, so daß  $\Delta Y$  kleiner als  $\Delta Y_{\min}$  ist. Somit bildet der Begrenzer 64 ein Differenzsignal  $\Delta Y_{\min}$  als Ausgangsgröße. Das Ausgangssignal  $\Delta TP_n$  des Addierers 66 beträgt  $\Delta TP_n = 2 \Delta N_1 - \Delta Y_{\min}$ , während sich die Ausgangsgröße des Addierers 68 zu  $\Delta TP_e = 2 K \Delta EPR + \Delta Y_{\min}$  ergibt. Da  $K \Delta EPR$  größer als  $\Delta N_1$  ist, ist es klar, daß  $(\Delta TP_n)^2 < (\Delta TP_e)^2$  ist und somit der Komparator 80 ein Ausgangssignal bilden kann, welches den Schalter 74 dazu veranlaßt, das Signal  $\Delta TP_n = 2 \Delta N_1 - \Delta Y_{\min}$  durchzulassen. Somit ist in der zweiten Betriebsart das Ausgangssignal  $\Delta TP = 2 \Delta N_1 - \Delta Y_{\min}$ , das zum Steuern des Triebwerksschubes

benutzt wird, wenn die einem der Schubanzeigeparameter EPR zugeordneten Sensoren bzw. Fühler oder die entsprechende Schaltung eine Störung aufweist, ausschließlich für den anderen Funktionsparameter N1 repräsentativ. Wenn dagegen ein anormaler Betrieb in den dem Gebläsedrehzahlschubanzeigeparameter zugeordneten Sensoren bzw. Fühlern oder der entsprechenden Schaltung auftritt, dann arbeitet die vorliegende Erfindung in der Weise, daß für eine Schubeinstellung in der zuvor genannten zweiten Betriebsart durch den Triebwerksdruckverhältnis-Schubanzeigeparameter EPR gesorgt wird. Auf diese Weise wird dann das Schubeinstellungssystem von den Wirkungen eines anormalen Betriebes der Fühler oder der einem Schubanzeigeparameter zugeordneten Schaltung getrennt.

Aus der vorstehenden Beschreibung ist es ersichtlich, daß die vorliegende Erfindung ein Schubeinstellungssystem mit einer redundanten Leistungsfähigkeit beinhaltet. Es ist eine primäre oder erste Betriebsart aufgezeigt, bei der ein Paar von Schubangabeparametern zum Einstellen des Triebwerkschubes benutzt wird. Es ist eine zweite Schubeinstellungsbetriebsart möglich, bei der ein Parameter des Paares von Schubangabeparametern zum Einstellen des Schubes benutzt wird, wenn die dem anderen Parameter des Paares zugeordneten Fühler oder die entsprechende Schaltung betriebsmäßig anormal arbeiten oder betriebsunwirksam sind.

Ein anderes Merkmal der vorliegenden Erfindung ist dem Betrieb des Schubeinstellungssystems in der ersten Betriebsweise zugeordnet, wenn das Differenzsignal  $\Delta Y$  im Bereich zwischen  $\Delta Y_{\min}$  bis  $\Delta Y_{\max}$  liegt. Wenn kleine Ungenauigkeiten bzw. Unstimmigkeiten in dem einem der Schubangabeparameter zugeordneten System auftreten, wie eine kleine Ungenauigkeit infolge normaler Herstellungsabweichungen oder einer durch Abnutzung von Triebwerksteilen begründeten normalen Triebwerksverschlechterung, wird die Wirkung der Unstimmigkeit bzw. Ungenauigkeit im Vergleich zu dem Ungenauigkeitseffekt in einem Schubeinstellungssystem, bei dem nur ein Schubangabeparameter benutzt wird, verkleinert. Es sei beispielsweise angenommen, daß der Pilot die Gashebelposition auf 99 % der vollen Gebläsenendrehzahl eingestellt hat und daß ferner die Gebläsedrehzahlfühler innerhalb des normalen Toleranzbereiches sowie der normalen Spezifikationen hergestellt sind, um eine annehmbare,



jedoch nicht ungenaue Gebläsedrehzahlanzeige zu bilden, die um 2 % größer als die tatsächliche Gebläsedrehzahl ist oder 101 % beträgt. Bei einem Einfachparameter-Schubsteuerungssystem, das die Gebläsedrehzahl als Schubangabeparameter ausnutzt, veranlaßt der nicht ganz genaue Fühler, daß die tatsächliche Gebläsedrehzahl um 2 % zu niedrig oder auf 97 % der vollen Gebläsenenndrehzahl eingestellt wird. Bei einer solchen Einstellung nimmt das Steuerungssystem irrtümlich an, daß es den nach der Gashebelposition erforderlichen 99 % Gebläsedrehzahlbedarf erfüllt. Bei dem Zweifachparameter-Steuerungssystem nach der vorliegenden Erfindung führt dieselbe vom Fühler begründete 2 % Ungenauigkeit zu einer Einstellung der tatsächlichen Gebläsedrehzahl, die nur um 1 % niedriger und bei 98 % liegt. Dieses Merkmal der vorliegenden Erfindung wird nunmehr näher erläutert, und zwar unter Bezugnahme beispielsweise auf dieselben obigen Annahmen.

In dem Zweifachparameter-Steuerungssystem nach der vorliegenden Erfindung reicht die kleine Ungenauigkeit bezüglich der Gebläsedrehzahl nicht aus, um das Differenzsignal  $\Delta Y$  zum Überschreiten der Grenzen  $\Delta Y_{\min}$  oder  $\Delta Y_{\max}$  zu veranlassen, und somit erfolgt ein fortgesetzter Betrieb des Systems in der primären Betriebsart. Wenn das Zweifachparameter-Steuerungssystem die Schubabgabe des Triebwerks in Abhängigkeit von dem auftretenden 2 % Fehler in der tatsächlichen Gebläsedrehzahl zu reduzieren beginnt, wird ein Fehlersignal  $\Delta EPR$  erzeugt, das die Notwendigkeit einer Vergrößerung des Schubes und somit einer Vergrößerung des Triebwerksdruckverhältnisses angibt. Mit anderen Worten veranlaßt das Schubparameterfehlersignal  $\Delta TP = \Delta N1 + K \Delta EPR = 2 \% + 0 \% = 2 \%$  das Triebwerk 22, mit einer Reduzierung des Schubes zu beginnen, indem die tatsächliche Gebläsedrehzahl von ihrem anfänglichen Pegel von 99 % der vollen Gebläsenenndrehzahl reduziert wird. Wenn die tatsächliche Gebläsedrehzahl reduziert wird, wird auch das tatsächliche Triebwerksdruckverhältnis vermindert, wodurch ein Triebwerksdruckverhältnis-Fehlersignal  $\Delta EPR$  erzeugt wird, was die Tatsache angibt, daß der Triebwerksschub und das tatsächliche Triebwerksdruckverhältnis nicht mit dem Erfordernis oder Bedarf entsprechend der Gashebelpositionseinstellung übereinstimmen. Das  $\Delta EPR$  Fehlersignal erfordert eine Vergrößerung im Schub und somit

im Triebwerksdruckverhältnis. Wenn die Gebläsedrehzahl weiter vermindert wird, erfolgt ein fortgesetztes Ansteigen des  $\Delta EPR$  Fehlersignals. Das Zweifachsteuerungssystem setzt jedoch die Schubverminderung durch Reduzieren der tatsächlichen Gebläsedrehzahl nur so lange fort, bis die Summe des Gebläsedrehzahl-Fehlersignals  $\Delta N1$  und des modifizierten Triebwerksdruckverhältnis-Fehlersignals  $K \Delta EPR$  gleich Null ist, das heißt bis die Gleichung  $\Delta TP = \Delta N1 + K \Delta EPR = 0$  gilt. Diese Beziehung ist erfüllt, wenn  $\Delta N1 = + 1 \%$  und  $K \Delta EPR = -1 \%$  gelten, so daß  $\Delta TP = + 1 \% + (- 1 \%) = 0$  ist. Wenn  $\Delta TP$  gleich Null ist, hören die Einstellvorgänge der tatsächlichen Gebläsedrehzahl auf. Es ist festzustellen, daß sich die tatsächliche Gebläsedrehzahl von 99 % auf 98 % geändert hat, und es handelt sich um eine Differenz von 1 % als Ergebnis des Ansprechens des Zweifachparameter-Steuerungssystems auf die von den Führern um 2 % höher angegebene Gebläsedrehzahl. Dementsprechend wird mit dem Zweifachparameter-Steuerungssystem nach der vorliegenden Erfindung eine tatsächliche Gebläsedrehzahl von 98 % erreicht, während in einem Einfachparameter-Steuerungssystem eine tatsächliche Gebläsedrehzahl von 97 % erzielt wird, und zwar unter denselben Bedingungen des Gebläsedrehzahlbedarfs und der durch den Gebläsedrehzahlfühler induzierten Ungenauigkeiten. Somit ist nach der vorliegenden Erfindung die Abweichung der tatsächlichen Gebläsedrehzahl von dem Gebläsedrehzahlbedarf halb so groß ( 1 % statt 2%) wie die Abweichung in einem Einfachparameter-Steuerungssystem.

-16-

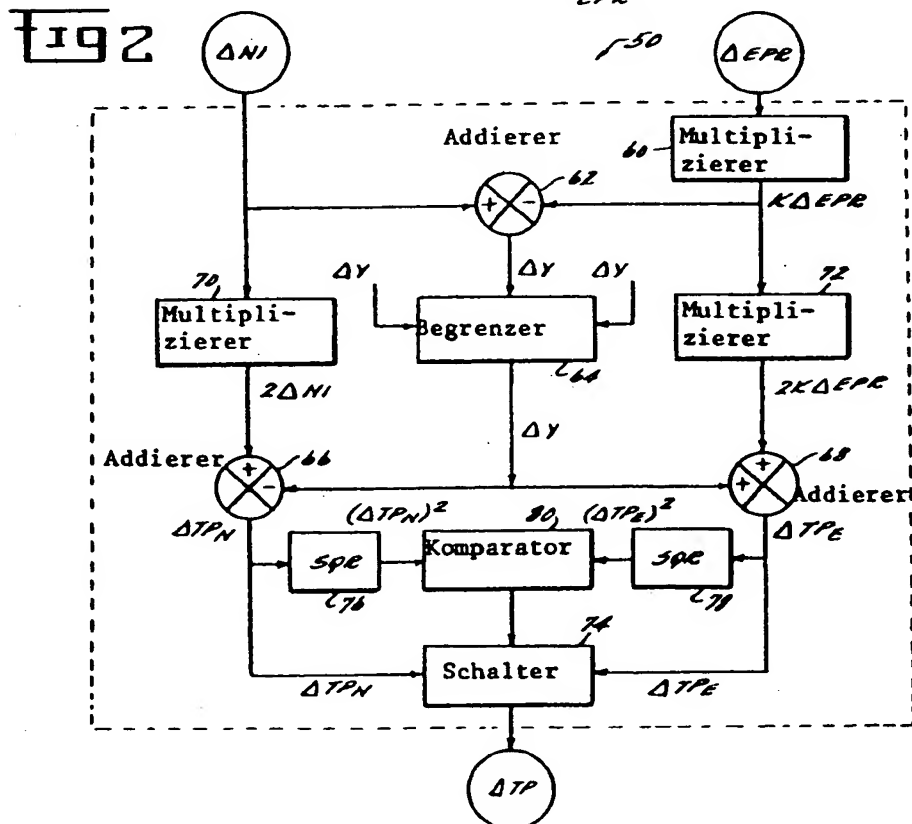
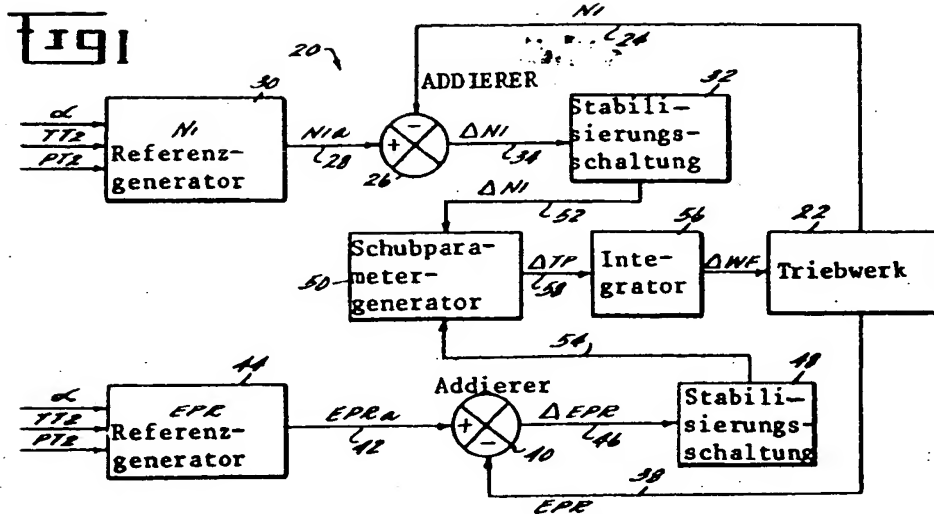
Leerseite

---

Nummer:  
Int. Cl.2:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

27 30 083  
F 02 K 11/00  
2. Juli 1977  
12. Januar 1978

2730083



709882/0971

ORIGINAL INSPECTED